

# Determinación de cobre y zinc en muestras falseadas de latón. Niveles de abertura como propuesta de enseñanza de la técnica de titulación complexométrica

Jaime A. Casas<sup>1</sup>, Daniel C. Pinzón<sup>2</sup>, Manuel F. Molina<sup>3</sup>

Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá. Colombia.

<sup>1</sup>[jcasas@pedagogica.edu.co](mailto:jcasas@pedagogica.edu.co), <sup>2</sup>[danielpinzon21@hotmail.com](mailto:danielpinzon21@hotmail.com), <sup>3</sup>[mfmolinac@unal.edu.co](mailto:mfmolinac@unal.edu.co)

[Recibido en diciembre de 2012, aceptado en enero de 2013]

El siguiente artículo realiza un acercamiento a conceptos relacionados con temáticas sobre la titulación complexométrica, propias de la química analítica, desde una estrategia didáctica denominada niveles de abertura, enfocada en el trabajo de laboratorio y el aprendizaje cooperativo como técnica pedagógica. Este trabajo constituye una propuesta que apunta a generar en los estudiantes procesos cognitivos de alto orden que conlleven desde el conocimiento, comprensión y aplicación hasta el análisis, síntesis y evaluación de información conexa con procesos propios de diversos tipos de métodos analíticos. Se empleó como práctica pretexto, la determinación complexométrica de cobre y zinc en una muestra falseada (*spiked*) de latón. La utilización de muestras falseadas ofrece una variante exquisita en la enseñanza de procesos de titulación complexométrica. Así, este trabajo ofrece a los docentes una propuesta de intervención didáctica que combina niveles de abertura, aprendizaje cooperativo y diseño de muestras falseadas, para enseñar tópicos descuidados de este ámbito y a los estudiantes la oportunidad de transformar significantes en significados. En este trabajo se muestran resultados favorables al proceso de aprendizaje, aplicados sobre un colectivo de maestros en ejercicio, estudiantes del programa de Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en Bogotá.

**Palabras clave:** Complexometría; Aleaciones; Prácticas cooperativas de laboratorio; Niveles de abertura; Significante; Significado.

## Determination of copper and zinc in brass distorted samples. Levels of openness as a proposal for the teaching of complexometric titration

This article presents a study that involves related concepts to complexometric titration, an application method of inorganic analysis, using the framework of a pedagogical technique called Levels of Openness of Inquiry, based on a form of active learning that emphasizes questioning, data analysis, and critical thinking. The purpose of this study was to develop higher cognitive processes in which students do something fairly complex with what they are learning, from knowledge, understanding and application to the analysis, synthesis and evaluation of related information with processes of various types of analytical methods. The laboratory practice used was the complexometric determination of copper and zinc in a falsified sample practice (*spiked*) of brass. The use of falsified samples offers a good variant in the teaching of complexometric titration processes. Thus, this writing offers teachers a proposal of didactic intervention that combines Levels of Openness, cooperative learning and falsified samples designed to teach neglected topics in this area. It also offers students the opportunity to transform a signifier into signified. This study shows favorable results to the learning process in a group of in service teachers involved in a Master program in chemistry teaching at Pedagogica Nacional University in Bogota.

**Keywords:** Complexometry; Alloys; Cooperative laboratory work; Levels of openness; Signifier; Signified.

## Introducción

Conceptos centrales en la enseñanza de la química analítica, tales como el estudio del proceso de titulación, comúnmente están inmersos en dos tipos de problemas: uno de ellos tiene que ver con el hecho de que las prácticas de laboratorio están muchas veces relacionadas con solo una de las categorías clave de reacciones, la ácido-base; el otro tiene relación con el hecho de que su enseñanza está fuertemente enraizada en prácticas de laboratorio tradicionalmente planteadas como recetas de cocina, dejando de lado diversas técnicas utilizadas en el trabajo de rutina de la química analítica, como es el caso de la complexometría.

A propósito de esta última, refiriéndose al segundo tipo de problemas, es necesario decir que prácticas como la clásica «dureza de aguas» que se ofrece a cursos de analítica a nivel universitario, muestran una única determinación y no permiten evidenciar un pool de ofertas plausible en escenarios propios de laboratorios de análisis químico, en una temática tan importante como la reacción de formación de complejos. Este escrito es entonces una de estas propuestas de trabajo para ser aplicada a cursos universitarios de análisis químico o química analítica, está centrada en la cuantificación de metales por complexometría y obedece a resultados favorables en una experiencia de aula en el Seminario de Conceptos Químicos e Implicaciones didácticas del programa de Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

En este orden de ideas, el escenario del laboratorio tiene la potencialidad de constituirse en un espacio que brinda las oportunidades de aprendizaje pertinentes y viables para la argumentación y el juicio crítico, es por esto que resulta oportuno ofrecer propuestas experimentales novedosas, como la presente, para acercar a los estudiantes a métodos frecuentemente olvidados (complexometría), en esta ocasión, desde los llamados niveles de abertura. En esta medida, es de esperarse que la implementación de diversos métodos en el laboratorio aproxime a los estudiantes a una comprensión más detallada y significativa de conceptos teóricos impartidos en el aula, generando en ellos habilidades para la investigación, la experimentación y la resolución de problemas ligados a diferentes contextos.

## De los niveles de abertura

Para entrar en materia, es conveniente entender la postura constructivista que afirma que el aprendizaje de las ciencias requiere que el conocimiento no solo sea transmitido de un individuo a otro, sino que este conocimiento ha de ser construido activamente e incorporado a la estructura cognitiva de cada estudiante. Como es de entenderse, para ello el estudiante requiere algo más que prácticas de laboratorio presentadas como recetas de cocina; así las cosas, en la medida que el estudiante formula caminos diferentes para la realización de estas prácticas, este genera un desarrollo en el orden cognitivo. Lo anterior es posible lograrlo con propuestas de laboratorio que, como la presente, estén formuladas para que el estudiante diseñe, ajuste y desarrolle sus propios procedimientos para el trabajo experimental en el laboratorio, o bien, reduciendo la información que se les proporciona en estos. En el momento de llevar a cabo una de estas dos opciones, se genera en el estudiante lo que se conoce como incremento en el nivel de abertura (Shiland 1999).

Una primera definición de niveles de abertura fue planteada por Schwab (1962) en relación con las prácticas de laboratorio quien resaltó tres factores de abertura. El grado de abertura o nivel de descubrimiento en relación con las actividades prácticas, se basa en la proporción en la que el docente suministra:

- el problema,
- las maneras y los medios para afrontar ese problema, y
- la respuesta a tal problema.

En consecuencia de lo anterior se entiende la frase: «la cantidad de intervención por parte del docente es inversamente proporcional al grado de abertura, o lo que es lo mismo al grado de descubrimiento por parte del estudiante» (Schwab 1962).

En el nivel de abertura 0 (demostración), según la clasificación de Herron (1971) que aparece en la tabla 1, se realiza una sesión práctica que consiste en una comprobación experimental de algunas teorías específicas, por lo que el estudiante conoce previamente el objetivo, siendo el

hecho tal que se le proporciona el material y el método a seguir y, además de esto, el estudiante es consciente del resultado final de la práctica.

En las prácticas con un nivel de abertura 1 (ejercicio), al estudiante se le proporcionan el objetivo, materiales y métodos, sin embargo la solución se deja abierta para que sea el estudiante quien la descubra.

En estos dos primeros niveles de abertura, el estilo de prácticas utilizado generalmente es el expositivo.

En el nivel de abertura 2 (investigación estructurada), el estudiante conoce con anterioridad el objetivo de la práctica y en ocasiones se le proporciona parte del material y del método, aunque estas dos opciones en algunos casos pueden ser planteadas por los mismos participantes de la práctica experimental. Este nivel de abertura puede considerarse como prácticas de investigación, sin embargo es posible por otra parte, considerarlo como prácticas expositivas a las que se han suprimido fragmentos de la metodología.

En el nivel de abertura 3 (investigación abierta), al estudiante se le proporciona el objetivo, pero es él quien identifica un problema, lo formula, escoge y diseña el método más apropiado para su solución. Este tipo de trabajo en el laboratorio puede considerarse como prácticas de investigación propiamente dichas.

Por último, en el nivel de abertura 4 (proyecto), los estudiantes escogen el material, el método y realizan la práctica sin conocer los resultados a obtener, en este nivel de abertura el objetivo puede haber sido dado por el docente o propuesto por los estudiantes.

En la tabla 1 se resumen las características de los niveles de abertura planteados por Herron (1971), citado por Jiménez *et al.* (2005).

**Tabla 1.** Niveles de abertura, según Herron (1971).

Nivel	Nombre	Objetivo	Material	Método	Solución	Estilo de práctica
0	Demostración	Dado	Dado	Dado	Dada	Expositivo
1	Ejercicio	Dado	Dado	Dado	Abierta	Expositivo
2	Investigación estructurada	Dado	Dado en parte o abierto	Dado en parte o abierto	Abierta	Expositivo Investigación
3	Investigación abierta	Dado	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación
4	Proyecto	Dado en parte o abierto	Abierto	Abierto	Abierta	Investigación

El presente documento se complementa con experiencias favorables al aprendizaje, tanto en la Maestría en Docencia de la Química, en semestres anteriores (Casas *et al.* 2010a), como en su implementación exitosa en ambientes escolares a nivel de secundaria (Casas *et al.* 2010b), que emplearon niveles de abertura y que generaron modificaciones en el ámbito metodológico, así como en términos de un cambio actitudinal en los grupos objetivo.

## Del aprendizaje cooperativo

Es un método pedagógico en que los estudiantes trabajan juntos hacia la consecución de una misma meta y cada sujeto logra dicha meta solamente si el resto del grupo también la alcanza.; citado en (Jiménez *et al.* 2005).

De la anterior premisa se puede inferir que el trabajo cooperativo es más que un trabajo en grupo y que estas prácticas cooperativas establecen una interdependencia positiva: «los

estudiantes perciben que sólo si sus compañeros alcanzan sus objetivos, podrán ellos mismos alcanzar los propios» (Deutsch 1949, Johnson y Johnson 1999). En esta línea de acción, se han realizado prácticas en grupo con el objetivo de ahorrar en cuanto a instrumentos de laboratorio, muestras, reactivos, etc. (Anderson *et al.* 1995, Deavor 1994); no obstante, la ausencia de interdependencia positiva, así como la falta de un objetivo común en este tipo de prácticas es el factor más influyente para diferenciarlas de las propias prácticas cooperativas.

En esta modalidad de trabajo, los integrantes del grupo cooperativo comparten un mismo objetivo y la consecución del éxito es algo mutuo, esto debido a que el esfuerzo de un individuo, no sólo lo beneficia a él sino al resto de los miembros del grupo. Como consecuencias de la interdependencia positiva, el trabajo cooperativo necesita diversos tipos de coordinación: distribución y organización del trabajo, así como discusión sobre cómo éste se organiza y se lleva a cabo.

Además de lo anteriormente mencionado existen otros aspectos del aprendizaje cooperativo:

1. La responsabilidad individual y grupal
2. La interacción estimuladora
3. Habilidades interpersonales y grupales
4. Evaluación grupal

Estos aspectos conllevan ciertas ventajas en el aprendizaje, entre las que se pueden mencionar el mejoramiento del rendimiento de los estudiantes, el incremento de su responsabilidad y participación activa en el proceso de aprendizaje, éxito en la resolución de problemas, mayor autoestima y relaciones interpersonales más positivas (Cooper 1995, Nogueiras *et al.* 1993, Slavin 1995, Wenzel 2000). Además de lo anterior, cuando las prácticas son de tipo abiertas, generan un incremento en el uso de procesos cognitivos de mayor orden (Gabbert *et al.* 1986, Panitz y Panitz 1998).

## De las aleaciones: bronce y latones

Desde hace mucho tiempo se han venido utilizando diferentes tipos de aleaciones en la industria con el fin de mejorar las propiedades físico-químicas de los metales utilizados, propiedades tales como la densidad, ductilidad, maleabilidad, conductividad, resistencia a la corrosión, etc.

Una de las aleaciones más utilizadas en la industria es el latón (aleación cobre-zinc) debido a que es un material adecuado para la manufactura de muchos componentes debido a sus características únicas: buena resistencia y al ser muy dúctil se combinan con su resistencia a la corrosión y su fácil manejo en las máquinas y herramientas (Sierra *et al.* 2007).

El latón tiene un color amarillo brillante, con gran parecido al oro y por eso se utiliza mucho en joyería conocida como bisutería, y elementos decorativos. El latón es utilizado en otros campos como el armamentista, calderería, soldadura, fabricación de alambres, tubos de condensador, terminales eléctricas y elaboración de monedas. El latón al no ser atacado por el agua salada, se usa mucho en construcciones de barcos, en equipos marinos, siendo así que se utiliza en la fabricación de hélices de barco por su resistencia a la cavitación (Sierra *et al.* 2007).

Por otro lado, es importante referirnos a la matriz que nos compete: el latón al igual que el bronce, es una aleación, cuyas propiedades pueden variar en función de su contenido de cobre, por tanto la determinación de este metal en dichas aleaciones es de especial interés, siendo el hecho tal que esta determinación puede lograrse mediante diversos métodos, tales como los gravimétricos, volumétricos o mediante técnicas más avanzadas como la

espectrofotometría UV-visible o la espectrometría de absorción atómica. Para nuestro caso, es pertinente mencionar que el latón es un material apropiado para un experimento de laboratorio educativo, debido a su bajo costo, su composición simple, principalmente en términos de cobre y zinc (5-45% en masa), su facilidad de disolución en ácido nítrico para dar iones  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$ , y su también relativa fácil cuantificación por complexometría con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), con el uso de enmascarantes y de los indicadores metalocrómicos adecuados.

De acuerdo con lo recién enunciado, se propone desarrollar una práctica de laboratorio enfocada a la determinación de metales (cobre y zinc) en una muestra falseada (spiked) de latón desde los niveles de abertura como propuesta para la enseñanza de métodos complexométricos a nivel de pregrado, después de haber encontrado resultados favorables posteriores a su afinación y aplicación sobre estudiantes de maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

## De la titulación complexométrica

Es un método de titulación basado en la reacción de formación de complejos, este método debe ser rápido, estequiométrico y cuantitativo, pero la mayoría de las reacciones que implican formación de complejos dejan de satisfacer uno o más de estos requisitos; en esta dirección, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) como agente acomplejante constituye la excepción más importante.

Los métodos complexométricos se han utilizado desde hace más de un siglo, sin embargo, su verdadero crecimiento en las aplicaciones analíticas empezó alrededor de 1940, fundamentalmente con una clase particular de compuestos de coordinación denominados quelatos. Un quelato se produce cuando un ion metálico se coordina con dos o más grupos donadores de un solo ligando y forma un anillo heterocíclico de cinco o seis miembros. El complejo de cobre con glicina, es un ejemplo; en éste, el cobre se enlaza con el oxígeno de los grupos carboxilo, así como con el nitrógeno de los grupos amino.

El tetra anión del EDTA  $(-\text{OOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NCH}_2\text{COO}-)_2$  es un agente complejante especialmente efectivo que puede formar cinco ciclos de quelatos de cinco miembros con un solo ión metálico, por coordinación mediante los pares de electrones de los cuatro (o a veces tres) grupos carboxilato y de los átomos de nitrógeno. La estructura de los complejos formados varía algo con la naturaleza del átomo metálico, siendo el caso que la estructura de la mayoría de los complejos EDTA en solución no está completamente aclarada (Skoog y West 2002).

## Metodología

La estrategia metodológica empleada fue la de investigación-acción, complementada con el enfoque de niveles de abertura y el aprendizaje cooperativo. Para lograr un desarrollo adecuado de esta estrategia de enseñanza se planteó una propuesta (figura 1) dividida en 3 fases, con el objetivo de implementar gradual y ascendentemente los niveles de abertura en los trabajos prácticos a ser desarrollados.

## Selección de grupos de trabajo (fase 1)

Antes de comenzar la práctica se organizaron equipos de estudiantes que combinaban participantes con acertados niveles de habilidad y/o experiencia en prácticas de laboratorio de química y desempeño en el laboratorio, con participantes con nivel inferior.



**Figura 1.** Estructura metodológica general.

Nivel 1: estudiantes que han realizado muy pocas o ninguna práctica de laboratorio.

Nivel 2: estudiantes que tienen cierta experiencia en prácticas de laboratorio y han realizado sesiones iguales o similares a las prácticas que se realizarían durante la experiencia.

Lo anterior se realizó con base en resultados favorables de trabajos previos, que sugieren que los grupos de laboratorio sean integrados por lo menos con un estudiante de cada nivel, logrando así, un emparejamiento heterogéneo (Watson 1992), aunque cabe señalar, que las parejas heterogéneas en dichas investigaciones no se destacan solo por poseer estudiantes de diferente nivel, sino que en ellas también se incluyeron aspectos como: raza, género, edad e interés por la materia objeto de estudio.

## Desarrollo de la propuesta

### Primera parte: nivel de abertura 0 (fase 2A)

En esta primera fase el profesor diseña una práctica, solicita los materiales y reactivos y los estudiantes siguen un protocolo y entregan un informe con los resultados, con base en un «plan de práctica» cuyo formato es elaborado por el docente.

En ella se aplicó la cuantificación de Ca y Mg, por complexometría con EDTA, que sigue una secuencia y una serie de procedimientos conducentes a la determinación de dichos iones metálicos, en una primera instancia a pH 10,0, con calmagita como indicador y en un segundo momento, a pH > 12,5 con calcón como indicador (no se muestran los procedimientos). En este trabajo práctico de laboratorio, los estudiantes evidenciaron los colores de los puntos finales y afinaron los cálculos para expresar la dureza de las muestras problema en ppm de  $\text{CaCO}_3$  o en mg de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  o de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . En la tabla 2 se muestra el Plan de práctica, que orientó la entrega del informe.

**Tabla 2.** Plan de práctica para nivel de abertura 0.

DETERMINACIÓN DE DUREZA EN MUESTRAS DE AGUA
OBJETIVOS
Ilustrar la determinación de la dureza cálcica, magnésica y total en una muestra sintética, por titrimetría de formación de complejos
Determinar la dureza de la muestra sintética, cuantificando los mg de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y los mg de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ presentes en el matraz volumétrico y la dureza total en ppm de $\text{CaCO}_3$ en la solución problema una vez llevada a volumen.
PROCEDIMIENTO EN DIAGRAMA DE FLUJO, CON LOS DATOS EXPERIMENTALES (dos para el problema y uno para la estandarización del EDTA)
TABLAS DE DATOS
REACCIONES y CÁLCULOS
TABLAS DE RESULTADOS
DISCUSIÓN DE RESULTADOS (máximo 8 renglones)
BIBLIOGRAFÍA

### Segunda parte: nivel de abertura 2 (fase 2B)

En esta parte de la metodología el profesor formuló una situación problema que los estudiantes debían resolver y desarrollar en forma experimental.

El problema recién mencionado fue propuesto para que cada grupo de estudiantes identificara el camino más adecuado a seguir, además de tener que presentar un formato con todos los materiales requeridos para la realización de la sesión experimental. Posteriormente cada grupo de estudiantes, con base en la información sobre la determinación de Cu y Zn en un latón comercial, efectuó la cuantificación de Cu y Zn en muestras falseadas de latón diseñadas por ellos mismos.

A continuación se formula un problema, para la experiencia planteada en el presente artículo:

#### **Información básica necesaria sobre el análisis del latón**

Se tiene una muestra de latón cuyos porcentajes de Cu y Zn son 64% y 36% respectivamente; modificado de Fabre y Reynes (2010).

#### **Determinación de Cu y Zn en el latón**

Para su cuantificación, se han de disolver con 5 mL de ácido nítrico concentrado 700 mg de latón, la solución resultante se completa con agua desionizada en un matraz aforado de 100 mL (solución A), de allí se han de tomar 25,0 mL que se completarían también con agua desionizada a 250,0 mL en otro balón aforado (solución B).

#### **Titulación vs. EDTA**

Para la titulación, en un primer momento se valorarían 10,0 mL de la solución B, para cuantificar la suma de Zn y Cu con el mismo EDTA, empleando como indicador naranja de xilenol y tamponando con un buffer de acetato ( $5 \leq \text{pH} \leq 6$ ).

En un segundo momento se valoraría otra alícuota idéntica de la solución B que se valoraría contra EDTA 0,01 M para titulación de Zn, posterior al enmascaramiento del cobre (con tiosulfato de sodio).

**Problema: hagamos y valoremos una muestra spiked**

Suponga que se tienen que elaborar soluciones stock de nitrato de cobre y nitrato de zinc (100 mL de cada una: soluciones  $A_1$  y  $A_2$ ), que emulen la cantidad de Cu y Zn proveniente del latón en los 100 mL de la solución A. A partir de cada stock se elaboran diluciones respectivas de 25,0 mL a 250,0 mL con agua desionizada (soluciones  $B_1$  y  $B_2$ ).

Determine los pesos de las sales respectivas para el diseño de 100,0 mL de las dos soluciones stock  $A_1$  y  $A_2$  (soluciones falseadas), una de Cu a partir de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , y la otra de Zn a partir de  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , tal que 10,0 mL de cada cual emulen la cantidad de Cu y Zn en la alícuota de 10,0 mL de la solución B.

- Además, calcular el volumen de E..A.teórico a consumir en cada valoración (una para el Zn y la otra para Zn + Cu).
- Presentar un protocolo con las cantidades reales, en diagrama de flujo.
- Realizar la determinación de la muestra falseada de 'latón'.
- Determinar el % de recuperación de las técnicas en cuanto al % de Cu y de Zn en el 'latón'.

Nota final: En el [anexo](#) se muestran otras formas de formular la situación problema.

**Evaluación**

Para evaluar si la realización de estas prácticas apoyadas en los niveles de abertura habían supuesto una mejora para la comprensión y el desarrollo de procesos cognitivos más complejos de los contenidos, y por lo tanto, un desarrollo en la capacidad de investigación por parte del estudiantado, se emplearon cuatro indicadores:

- Evaluación de los protocolos entregados por el grupo.
- Evaluación de los cálculos presentados antes de realizada la práctica.
- Evaluación de los porcentajes de recuperación y de la discusión de resultados, en los informes de cada equipo de trabajo, en comparación con los datos teóricos.
- Evaluación del cambio a nivel metodológico y actitudinal, durante el desarrollo del trabajo experimental

Se deja abierto este último parámetro de evaluación para ser ajustado y personalizado por cada docente que desee utilizar esta metodología como forma de abordar la titulación complexométrica u otras prácticas de laboratorio.

**Resultados y análisis de la experiencia exitosa de aula con los estudiantes de maestría**

A continuación se muestran los resultados experimentales obtenidos por los estudiantes al finalizar la práctica, para una muestra falseada de latón con porcentajes teóricos de Cu del 64% y de Zn del 36%.

En la tabla 3 se muestran los volúmenes gastados de EDTA en cada una de los dos volúmenes de equivalencia ( $V_1$  y  $V_2$ ) para el triplicado de la experiencia, se puede observar que los volúmenes de EDTA gastado en cada procedimiento son similares, asumiendo un buen manejo de materiales y metodologías. Por otro lado, la experiencia fue exitosa en la medida que los volúmenes consumidos fueron similares a aquellos esperados, con base en los cálculos y en la estequiometría de la reacción de titulación ( $V_1$  (mL) 10,9 mL y  $V_2$  (mL) 3,8 mL).



**Tabla 3.** Datos experimentales (concentración y porcentaje de analitos a partir de volúmenes gastados de EDTA).

Réplica	Volúmenes consumidos de EDTA		Concentración (M) experimental de iones en solución B			
	$V_1$ (mL)	$V_2$ (mL)	$[\text{Cu}^{2+}]$	$[\text{Zn}^{2+}]$	% Cu en el 'latón' falseado	% Zn en el 'latón' falseado
1	10,9	3,8	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	64,44	35,48
2	11,1	3,9	$7,2 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	65,35	36,12
3	10,7	3,7	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	63,54	34,55

Además se muestran las concentraciones y los porcentajes de Cu y Zn determinados en las 3 réplicas con las muestras falseadas de 'latón', se puede observar una muy favorable coincidencia con los registros teóricos.

Se puede afirmar que la valoración complexométrica arrojó resultados confiables, al menos teóricamente, en comparación con estudios de composición por medio de fluorescencia de rayos X del latón 'promedio', siendo una metodología gold standard para este tipo de muestras (Fabre y Reynes 2010).

## Conclusiones

Al elaborar diferentes tipos de muestras *spiked* en relación con las sustancias que se desean analizar, se incorporan en la enseñanza de las ciencias, más específicamente en las prácticas de laboratorio, nuevas formas de presentar al estudiante problemas relacionados con su contexto, sin llegar a exponerlos a materiales o sustancias peligrosas.

Por otro lado, la reinserción de antiguas técnicas de análisis químico en escenarios escolares, pero estructuradas desde los niveles de abertura y el aprendizaje cooperativo permitieron a los estudiantes potenciar procesos cognitivos de alto orden, debido a la necesidad del estudiante de desarrollar un trabajo experimental alejado de los parámetros normalmente utilizados en el laboratorio, con la oportunidad de escoger los instrumentos y procedimientos, sin estar tan pendientes de los resultados a partir de objetivos prefijados.

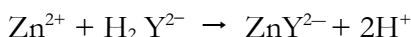
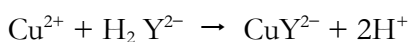
Se evidenció en el desarrollo, la implementación de los niveles de abertura, una notable promoción del componente actitudinal, lo anterior se afirma en virtud de la perseverancia y el empeño de los estudiantes al sortear los diferentes obstáculos relativos al consumo de tiempo, así como en su propia revisión y ajuste permanente de cálculos.

También se evidenció favorabilidad en cuanto a la implicación cognitiva y afectiva del estudiante, debido a que cada grupo de estudiantes desde el trabajo cooperativo, se vio desafiado a resolver la situación problema propuesta.

## Recomendaciones para el trabajo experimental

En la determinación por complexometría se recomienda añadir dos o tres gotas de naranja de xilenol (en solución acuosa al 0,5%).

Por otro lado, el valor de pH puede regularse a valores cercanos de 6 con 0,1 g o 0,2 g de hexametilén tetraamina, para mitigar el efecto de la producción de  $\text{H}^+$  generada por algunas de las siguientes reacciones de formación de complejos con EDTA (cuyo anión dibásico se abrevia  $\text{H}_2\text{Y}^{2-}$ ):



Esta regulación de pH permite mantener valores suficientemente elevados de las constantes condicionales de formación de complejos, que hacen que la titulación sea cuantitativa.

### Recomendaciones para la modalidad de niveles de abertura

Al incorporar los niveles de abertura en el desarrollo de prácticas de laboratorio es necesario tener cuidado con la intervención por parte del docente, ya que esta podría desviar el objetivo principal de la propuesta, siendo así que si el docente interviene en demasía, el trabajo podría convertirse en un modelo transmisionista y si por otro lado el docente no participa como guía en la realización del trabajo, éste podría desviarse de los derroteros planteados.

En este orden de ideas, el papel del docente en las prácticas de laboratorio sustentadas en los niveles de abertura es esencialmente un papel de guía, que supervisa y corrige en los momentos que el estudiante se dirige a un camino que puede ser nefasto para los resultados finales.

### Referencias

- Anderson J. S., Hayes D. M., Werner T. C. (1995) The chemical bond studied by IR spectroscopy in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education* 72(7), 653-655.
- Casas J., Espinoza E., Méndes A. (2010a) TPL y niveles de abertura: una propuesta didáctica hacia la transformación de las prácticas de enseñanza. Ponencia presentada en el *IV Encuentro Iberoamericano de la Red de Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales, la Matemática y la Tecnología*. Santiago. Chile.
- Casas J., García C., Ángel F. (2010b) TPL sobre elementos de química ambiental. Una propuesta didáctica experimental desde la EPC y los niveles de abertura. Ponencia presentada en el *IV Encuentro Iberoamericano de la Red de Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales, la Matemática y la Tecnología*. Santiago. Chile.
- Cooper M. M. (1995) Cooperative Learning, an approach for large enrollment courses. *Journal of Chemical Education* 72(2), 162-164.
- Deavor J. P. (1994) Role-playing in the quantitative analysis lab. *Journal of Chemical Education* 71(11), 980-982.
- Deutsch M. (1949) A theory of cooperation and competition. *Human Relations* 2(2), 129-152.
- Fabre P., Reynes O. (2010) Determination of Copper and Zinc in Brass: Two Basic Methods. *Journal of Chemical Education* 87(8), 836-837.
- Gabbert B., Johnson D. W., Johnson R. T. (1986) Cooperative learning, group-to-individual transfer, process gain, and the acquisition of cognitive reasoning strategies. *Journal of Psychology* 120(3), 265-278.
- Herron M. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review* 79(2), 171-212.
- Jiménez V. G., Llobera J. R., Llitjós V. A. (2005) Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 4(3), 16-42.
- Johnson D. W., Johnson R. T. (1999) *Aprender juntos y solos*. Buenos Aires. Aique.

- Nogueiras E., Membiela P., Suárez M. (1993). Triangulando perspectivas: El trabajo en grupo a debate. *Revista de Educación* 302, 259-271.
- Panitz T., Panitz P. (1998) Encouraging the use of collaborative learning in higher education, en J. James y G. Forest (Ed.), *University teaching international perspectives, Studies in Higher Education*. Nueva York. Garland Press.
- Schwab J. J. (1962) The teaching of science as enquiry, en J. J. Schwab y P. F. Brandwein (Ed.). *The teaching of Science*. Cambridge. Harvard University Press.
- Shiland T. W. (1989) Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education* 76(1), 107-109.
- Sierra I., Morante S., Quintanilla D. (2007) *Experimentación en Química Analítica*. Madrid. Dykinson.
- Skoog D., West D. (2002) *Introducción a la Química Analítica*. Madrid. Reverté-McGraw Hill.
- Slavin R. E. (1995) *Cooperative Learning: theory, research and practice*. Boston. Allyn & Bacon.
- Wenzel T. J. (2000) Practical tips for cooperative learning. *Analytical Chemistry* 72(9), 359A-361A.

## ANEXO

### Nivel 2 de abertura. Determinación de cobre y zinc por titulación complexométrica *Determinación de Cu – Zn en muestras spiked*

#### El contexto

El zinc es un componente del latón, que es una de las aleaciones con la mayor variedad de aplicaciones. Es un hecho que el latón es muy común en la arquitectura y decoración de interiores, presente en los tiradores de puerta, accesorios de ferretería, llaves y adornos para la iluminación en las casas, etc.

Su utilidad es global, evidentemente mayor en Europa y con un aumento en América; algunas cualidades básicas del latón que hacen que se apele a éste como un material arquitectónico son: ser fácilmente moldeable con una temperatura de fusión inferior a la de otros metales como el hierro, acero, el bronce y el mismo cobre puro, poseer plasticidad en la estampación en caliente y admitir buena deformación en frío, además de ser un buen conductor térmico y presentar resistencia a la corrosión, de ahí que se utilice en grifería y para racordaje en conducciones de agua.

Los latones pueden retener indefinidamente el color si son protegidos apropiadamente, y la manera en que los latones cambian de color cuando envejecen abre una dimensión completamente nueva para su uso en la arquitectura. Por otra parte, la diversidad de acabados del latón es una expresión más de la variedad casi interminable de dicho metal. Además, el latón es medioambientalmente amistoso ya que sus componentes, cobre y zinc, son producidos en procesos energéticamente eficientes, pero su mayor cualidad es el hecho de que el latón es la aleación más integral y eficazmente reciclable de todas las aleaciones industriales. Finalmente se puede afirmar que el latón ofrece amplias opciones en la forma del producto y en el proceso de fabricación, siendo una de las pocas aleaciones que se puede colorear, además de constituirse en un material higiénico cuando es usado para las manijas, barandas y cerrajerías, pues presenta el beneficio adicional de ser bacteriostático.

La cantidad de zinc presente en el latón va de 10% a más de 40%; siendo así que casi la mitad del latón es realmente una forma de zinc. Técnicamente el latón se define como cualquier aleación en que los principales constituyentes son el cobre y el zinc. Así, todos los latones contienen zinc, no obstante puedan estar presentes otros elementos.

### El problema

**Información básica necesaria sobre el análisis del latón** Suponga que se tiene una muestra de latón cuyos porcentajes de Cu y Zn son 64% y 36% respectivamente; modificado de (Fabre y Reynes 2010).

**Determinación de Cu y Zn en el latón** Para su cuantificación, se han de disolver con 5 mL de ácido nítrico concentrado 700 mg de latón; la solución resultante se debe completar con agua desionizada en un matraz aforado de 100 mL (solución A), de allí se han de tomar 25,0 mL que se completarían también con agua desionizada a 250,0 mL en otro matraz aforado (solución B).

**Titulación vs. EDTA** Para la titulación, en un primer momento se valorarían 10,0 mL de la solución B, para cuantificar la suma de Zn y Cu con E.D.T.A., empleando como indicador naranja de xilenol y tamponando con un buffer de acetato ( $5 \leq \text{pH} \leq 6$ ).

En un segundo momento se valoraría otra alícuota idéntica de la solución B que se valoraría contra el mismo EDTA 0,01 M para titulación de Zn, posterior al enmascaramiento del cobre (con tiosulfato de sodio).

**Problema 1: hagamos y valoremos una muestra spiked** Suponga que se tienen que elaborar soluciones stock de nitrato de cobre y nitrato de zinc (100 mL de cada una: soluciones A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>) (que emulen la cantidad de Cu y Zn proveniente del latón en los 100 mL de la solución A. A partir de cada stock se elaboran diluciones respectivas de 25,0 mL a 250,0 mL con agua desionizada (soluciones B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>).

Con base en los anteriores supuestos, determine usted los pesos de las sales respectivas para el diseño de 100,0 mL de las dos soluciones stock A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> (soluciones falseadas), una de Cu a partir de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , y la otra de Zn a partir de  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , tal que tomando 10,0 mL de cada cual, se emule la cantidad de Cu y Zn en la alícuota de 10,0 mL de la solución B. Además se pide lo siguiente:

- Calcular el volumen de EDTA teórico a consumir en cada valoración (una para el Zn y la otra para Zn + Cu).
- Presentar un protocolo con las cantidades reales, en diagrama de flujo.
- Realizar la determinación de la muestra falseada de 'latón'.
- Determinar el % de recuperación de las técnicas en cuanto al % de Cu y de Zn en el 'latón' supuesto.

**Problema 2 (otro posible problema)** Se sabe que se tomaron 1,7035 g de  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  y 1,1467 g de  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  para elaborar las soluciones iniciales y que la concentración del EDTA es aproximadamente 0,010 M. Determine el volumen que el docente suministró de las soluciones B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, a partir de los volúmenes gastados en la experiencia, realizando las dos titulaciones contra el EDTA.

**Problema 3 (otro posible problema)** Aplique la metódica en un latón verdadero y cuantifique los verdaderos valores por espectrofotometría de absorción atómica, teniendo en cuenta la información básica expuesta anteriormente. Determine el porcentaje de recuperación de la técnica para ambos metales, sobre dicha muestra.

**Nota** Es necesario hacer triplicados y realizar los cálculos para determinar el volumen de titulante a gastar en la prueba, la concentración de analitos presente en las muestras falseadas, el volumen tomado de las soluciones de nitrato de cobre y de zinc, entre otras.

### Notas

- Recuerde que si su grupo no propone protocolo para la sesión experimental, no podrá realizar la práctica.
- En la ejecución de la práctica es necesario tener en cuenta lo siguiente:
  - En ocasiones es necesario agregar un poco más de indicador metalocrómico para observar un buen viraje.
  - En la titulación complexométrica es necesario controlar el pH añadiendo una solución tampón a la muestra para ajustar el pH entre 5 y 6, antes de ser valorada.
- Preparación solución tampón laboratorio:

Tampón acético/acetato (pH = 5-6): En un balón aforado de 100 mL se añaden 10 mL de una solución 1 M de NaOH a 10,4 mL de ácido acético 1 M y se completa a volumen con agua destilada.